

①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 3301726 A1**

⑤① Int. Cl. 3:  
**F02 G 3/00**  
F 01 C 3/06

②① Aktenzeichen: P 33 01 726.3  
②② Anmeldetag: 20. 1. 83  
④③ Offenlegungstag: 26. 7. 84

DE 3301726 A1

⑦① Anmelder:  
Ingelheim, Peter Graf von, 8000 München, DE

⑦② Erfinder:  
gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Wärmekraftmaschinen mit kontinuierlicher oder intermittierender Wärmezuführung und durch sie mögliche Verbesserungen thermodynamischer Kreisprozesse bei Wärme- und Krafterzeugung

DE 3301726 A1

1. Wärmekraftmaschinenanlage mit getrennten Verdichter- (51,53) und Expansionsräumen (55,57,58) und zwischenliegender Kammer (54), in der einem kompressiblen Fluid kontinuierlich oder intermittierend Wärme zugeführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß hinter der Kammer (54) eine Maschine (55) mit zu dieser (54) sich öffnenden, sich bis auf ein bestimmtes Volumen vergrößernden und dann von der Kammer (54) abschließenden Räumen (16a,16b), in denen das kompressible Fluid aus der Kammer (54) abgeführt wird, so arbeitet, daß eine kontinuierliche Strömung aus der Kammer (54) erzeugt wird und das Abführungsvolumen pro Zeiteinheit gesteuert werden kann, und vor der Kammer (54) eine Maschine (53) arbeitet, deren Zuführungsvolumen pro Zeiteinheit gesteuert werden kann, und damit die Relation von Abführungsvolumen zu Zuführungsvolumen pro Zeiteinheit so gewählt werden kann, daß nach Belieben isochore, isobare oder gemischt isochor-isobare Wärmezuführung in der Kammer (54) vorgenommen werden kann.
2. Eine unter Patentanspruch 1 gekennzeichnete Maschinenanlage, zusätzlich dadurch gekennzeichnet, daß vor der Kammer (54), in der dem Arbeitsmedium Wärme zugeführt wird, eine Maschine (53) verwendet wird, mit deren Hilfe ein kontinuierlicher Gasfluß in die Brennkammer möglich wird, und die entweder eine Turbomaschine ist oder die so arbeitet, daß ein Raum (15a,15b) in der Maschine (53) in einer anderen Kammer (50,52) mit einem kompressiblen Fluid gefüllt wird, dann zur Kammer (54) geöffnet wird, dann verkleinert und dadurch sein (15a,15b) Inhalt in die Kammer (54) gepreßt wird, dann wieder von dieser Kammer (54) abgeschlossen und zur Kammer (50,52) geöffnet wird und dann wieder vergrößert wird und dadurch mit dem kompressiblen Fluid gefüllt wird.

5. Eine unter Patentanspruch 1 oder 2 gekennzeichnete Maschinenanlage, zusätzlich dadurch gekennzeichnet,  
daß die Maschine (53) vor und die Maschine (55) hinter der Kammer (54) so miteinander verbunden sind, daß die Relation des Volumens des zugeführten Arbeitsmediums zu dem des abgeführten Arbeitsmediums konstant bleibt.
4. Eine unter einem oder mehreren der Patentansprüche 1 - 3 gekennzeichnete Maschinenanlage oder eine andere IKV-Maschine,  
zusätzlich dadurch gekennzeichnet,  
daß in Abhängigkeit von der Durchflußmenge des komprimierten Fluids die Verdichtung  $\epsilon$  in dem (150) oder den (51, 53) Verdichtern so geändert wird, daß sich in der Kammer (152, 54) bei konstanter Querschnittsfläche eine gleichbleibende Geschwindigkeit des kompressiblen Fluids ergibt.
5. Eine unter einem oder mehreren der Patentansprüche 1 - 4 gekennzeichnete Maschinenanlage,  
zusätzlich dadurch gekennzeichnet, daß vor dem Raum (152, 54),  
in dem dem kompressiblen Fluid Wärme zugeführt wird, zwei Maschinen arbeiten, von denen die erste (51) ein kompressibles Fluid ansaugt und verdichtet oder unverdichtet in einen Raum (52) transportiert und deren Durchsatzvolumen pro Zeiteinheit variiert werden kann und die zweite (53) einen konstanten Volumendurchsatz pro Zeiteinheit vom Raum (52) in den Raum (54) aufweist.
6. Eine unter Patentanspruch 5 gekennzeichnete Maschinenanlage,  
zusätzlich dadurch gekennzeichnet,  
daß die Maschine vor (53) und die hinter (55) der Kammer (54) miteinander verbunden sind und konstante Drehzahl haben und die Drehzahlregelung durch Ventile (61, 62) geschieht, die den beschleunigenden Druck erhöhen und den bremsenden Druck erniedrigen oder den bremsenden Druck erhöhen und den beschleunigenden Druck erniedrigen  
oder die Drehzahlregelung durch eine konstantdrehende Maschine oder eine sonstige Maßnahme vorgenommen wird.

7. Eine unter einem oder mehreren der Patentansprüche 1 - 6 ge-  
kennzeichnete Maschinenanlage,  
zusätzlich dadurch gekennzeichnet, daß eine oder mehrere winkel-  
achsige Rotationskolbenmaschinen vor (53) oder hinter (55) der  
5 Kammer (54) oder vor und hinter (54) verwendet werden.
8. Eine unter einem oder mehreren der Patentansprüche 1 - 7 ge-  
kennzeichnete Maschinenanlage,  
zusätzlich dadurch gekennzeichnet, daß eine oder mehrere winkel-  
achsige Rotationskolbenmaschinen zum Luftansaugen und Verdich-  
10 ten (51) oder als Expansionsmaschine (57, 58) oder als beides ver-  
wendet werden.
9. Eine winkelachsige Rotationskolbenmaschine mit der ein Fluid aus  
15 einem Raum angesaugt und in einen anderen Raum transportiert  
werden soll,  
oder eine winkelachsige Rotationskolbenmaschine mit der ein kom-  
pressibles Fluid aus einem Raum angesaugt, verdichtet und in einen  
anderen Raum transportiert werden soll,  
20 dadurch gekennzeichnet,  
daß durch verstellbare Schieber (37, 48) oder Ventile (39) im Ge-  
häuse die Durchsatzmenge und/oder das Durchsatzvolumen von  
einem Raum in den anderen drehzahlunabhängig in Grenzen variiert  
werden kann oder die Verdichtung eines kompressiblen Fluids in  
25 der Maschine bei laufender Maschine variiert werden kann oder  
beides.
10. Eine winkelachsige Rotationskolbenmaschine mit der ein kompres-  
sibles Fluid aus einem Raum angesaugt, in der Maschine expandiert  
30 und in einen anderen Raum transportiert werden soll,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß durch verstellbare Schieber (36, 42) oder Ventile (45) im Ge-  
häuse das Ansaugvolumen drehzahlunabhängig variiert werden kann  
und/oder bei laufender Maschine die Entspannung in der Maschine  
35 variiert werden kann.

11. Eine winkelförmige Rotationsströmungsmaschine, die durch einen oder mehrere Kanäle, die von zwei oder mehreren anderen geschnitten wird und mit dem kompressiblen Fluid sowohl von Räumen niedrigen Drucks in Räume hohen Drucks als auch von Räumen hohen Drucks in Räume niedrigen Drucks transportiert werden soll, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungen der Kanäle zu den verschiedenen Räumen so angeordnet sind, daß über die in einer Kreuzung entstehenden Spalte möglichst viele oder ausschließlich Räume ähnlich hohen oder niedrigen Drucks verbunden sind.
12. Eine Wärmekraftmaschine mit innerer kontinuierlicher Verbrennung (IKV-Maschine) und mindestens zwei Expansionsmaschinen, bei der die Rauchgase kontinuierlich von der Brennkammer (152) in die erste Expansionsmaschine (154) strömen, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen zwei Expansionsmaschinen (154, 155) das noch unter Druck stehende Rauchgas Wärme in einem Wärmetauscher (151) an das komprimierte Fluid von der Brennkammer (152) oder an ein aufzuheizendes Medium abgibt.
13. Eine unter Patentanspruch 12 gekennzeichnete Maschine, zusätzlich dadurch gekennzeichnet, daß eine oder mehrere der Maschinen, die unter einem oder mehreren der Patentansprüche 1-11 gekennzeichnet sind, verwendet werden.
14. Eine unter Patentanspruch 12 oder 13 gekennzeichnete Maschine, zusätzlich dadurch gekennzeichnet, daß sie auch oder ausschließlich zur Aufheizung eines Wärmeträgers verwendet wird, dessen Temperatur über der Temperatur der Ansaugluft liegt und/oder zur Abgabe von Kühlluft.
15. Eine unter Patentanspruch 12, 13 oder 14 gekennzeichnete Maschine, zusätzlich dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Brennkammer und 1. Expansionsmaschine das Arbeitsmedium in einem Wärmetauscher (153) einen Wärmeträger heizt.

Wärmekraftmaschinen mit kontinuierlicher oder intermittierender Wärmezuführung und durch sie mögliche Verbesserungen thermodynamischer Kreisprozesse bei Wärme- und Krafterzeugung.

Die Erfindung bezieht sich auf Wärmekraftmaschinen mit kontinuierlicher oder intermittierender Wärmezuführung und durch sie mögliche Verbesserungen thermodynamischer Kreisprozesse bei Wärme- und Krafterzeugung.

- 5 Dabei wird ein kompressibles Fluid in einem oder mehreren Verdichtern verdichtet und dadurch erwärmt. Danach wird es in einen Raum gebracht, wo ihm durch Verbrennung oder über Wärmetauscher weitere Wärme zugeführt wird. In einer oder mehreren Kraftmaschinen wird das unter Druck stehende Fluid auf Atmosphärendruck entspannt.
- 10 Kennzeichnend für die Maschinenanlagen ist, daß Maschinen zur Verdichtung und Entspannung oder zwischen Verdichtungsmaschinen und Brennkammer oder zwischen Brennkammer und Expansionsmaschinen verwendet werden, die nach Wunsch isochore, isobare oder gemischt isochor- und isobare Wärmezufuhr im Idealprozeß zulassen,
- 15 und dabei so angeordnet werden können, daß in der Brennkammer ein kontinuierlicher Fluß auch bei unterschiedlichen Gasmengendurchsätzen konstanter oder sich nur geringfügig ändernder Geschwindigkeiten entsteht.

- Eine weitere Kennzeichnung ist, daß für Wärmekraftmaschinen mit
- 20 kontinuierlicher oder intermittierender Wärmezufuhr in einem zwischen zwei Expansionsmaschinen geschalteten Wärmetauscher das Arbeitsmedium Wärmeenergie abgibt und die auf solche Art gewonnene Wärmeenergie zur Aufheizung eines anderen Mediums oder des Arbeitsmediums vor der Brennkammer verwendet wird.

- 25 Als Wärmekraftmaschinen mit innerer kontinuierlicher Wärmezufuhr (IKV - Maschinen) und einem Gas als Arbeitsmedium sind verschiedene Ausführungen bekannt.

- Die allgemein bekannteste und weitverbreitete Ausführung stellt die
- 30 Gasturbine dar. Gasturbinen haben einen kontinuierlichen Gasdurchfluß durch die Brennkammer, weisen aber den Nachteil auf, daß

zwischen zwei zwei Turbomaschinen ausschließlich isobare Wärmezufuhr möglich ist (vgl. EPA Anmeldung 82100616). Isochore oder gemischte Wärmezufuhr hat aber einen besseren thermodynamischen Wirkungsgrad.

- 5 Es sind auch andere Maschinenanordnungen bekannt bei denen theoretisch die Wärmezufuhr beliebig gewählt werden kann (EPA - Anmeldung 82100616, EPA - Anmeldung 82103232.3, Britalus-Maschine aus: Osenga, M; And now the Britalus; Diesel Progress North American, Jan. 1982). Ein üblicher Nachteil solcher Maschinenanlagen ist aber,  
10 daß die Zu- und/oder Abfuhr des Arbeitsgases in die bzw. aus der Brennkammer diskontinuierlich erfolgt. Die dadurch entstehenden Druckverluste zehren die Vorteile des besseren thermodynamischen Prozesses weitgehend auf.  
Ein weiterer Nachteil von Wärmekraftmaschinen mit innerer kontinuierlicher Verbrennung (IKV - Maschinen) ist, daß sie für wechselnde  
15 Leistungen schlecht geeignet sind. Dies liegt vor allem daran, daß am Brenner eine nahezu konstante Gasgeschwindigkeit vorliegen muß, so daß eine Regelung der Leistung nur schlecht über den Gasmengendurchsatz möglich wird und daher weitgehend über die Maximaltemperatur  
20 des Prozesses zu erfolgen hat. Der thermodynamische Wirkungsgrad hängt aber stark von der Höhe der Maximaltemperatur des Prozesses ab.  
Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen. Die Erfindung wie sie gekennzeichnet ist ermöglicht nach Belieben isochore, isobare oder gemischte  
25 Wärmezufuhr und ermöglicht einen kontinuierlichen Gasfluß durch die Brennkammer, wobei die Gasgeschwindigkeit am Brenner auch bei unterschiedlichen Gasmengendurchsätzen durch Änderung der Verdichtung nahezu konstant gehalten werden kann.  
Winkel- bzw. geschränktachsige Drehkolbenmaschinen sind bekannt  
30 (z.B. deutsche Patentoffenlegungsschrift Nr. 26 55 649, EPA - Anmeldung 82 103 232 .3). Fig.2 zeigt die perspektivische Ansicht zweier winkellachsiger Drehkolben. Dabei sind zwei Drehkolben (10a, 10b) mit Sektoren mit großem Radius (11a, 11b) und mit Sektoren mit kleinem Radius (12a, 12b) so zueinander angeordnet, daß sich die Sektoren  
35 großen Radius (11a) des einen Kolbens (10a) durch die Sektoren kleinen Radius (12b) des anderen Kolbens (10b) bewegen und umgekehrt.

Figur 3 zeigt die Bewegung der großen Kolbensektoren (11a, 11b) als Projektion von einer bzw. zwei Radlauflächen in eine Ebene. Die Drehkolben sind von einem Gehäuse (20) umgeben, sodaß sich die Sektoren großen Radius (11a, 11b) in einem von Gehäuse und Kolben gebildeten Kanal (13a, 13b) bewegen und die Kanäle der beiden Kolben sich schneiden. Vor der Kreuzung (14) der beiden Kanäle entstehen dadurch Räume (=Druckräume) (15a, 15b), die verkleinert werden, hinter der Kreuzung Räume (=Saugräume) (16a, 16b), die vergrößert werden. Die Front- (17a, 17b) und die Endwirkflächen (18a, 18b) der Kolben sind abgeschrägt, sodaß die Kolbensektoren sich ohne gegenseitige Behinderung bewegen lassen (gleiche Kolbengeschwindigkeit), die Kanal-kreuzung aber dennoch bis auf einen schmalen Spalt abgeschlossen bleibt.

Wie man sieht, ist die Summe der Zunahmen der Flächen hinter der Kreuzung in einer Zeiteinheit konstant (= Bewegen beider Kolbensektoren (11a, 11b) in Bewegungsrichtung um die Länge 1). Gleiches gilt für die Flächen vor der Kreuzung. Sind die Räume hinter der Kreuzung über Kanäle (22a, 22b) permanent zum gleichen Raum offen und sind die Räume (15a, 15b) vor der Kreuzung über Kanäle (21a, 21b) permanent zum gleichen Raum offen, so entsteht im einen Raum ein ununterbrochener Sog, im anderen Raum ein ununterbrochener Druck.

In Patentanspruch 1 wird Schutz dafür begehrt, daß die Saugräume (16a, 16b) einer derartig wirkenden Maschine hinter der Brennkammer einer IKV-Maschine, sodaß zur Brennkammer ein kontinuierlicher Sog wirkt und durch das Verhältnis Zuführvolumen pro Zeiteinheit/ Abführvolumen pro Zeiteinheit nach Belieben in der Brennkammer isochore, isobare oder gemischt isochor-isobare Wärmezufuhr erreicht werden kann; gelegt werden.

In Patentanspruch 2 wird Schutz dafür begehrt, daß die Druckräume (15a, 15b) einer derartig wirkenden Maschine vor der Brennkammer einer IKV-Maschine, sodaß zur Brennkammer ein kontinuierlicher Druck wirkt, gelegt werden.

Fig. 1 zeigt eine dem globalen Patentgedanken zugrunde liegende Anordnung mehrerer solcher Maschinen.



Man ordnet mehrere winkelaehsige Drehkolbenmaschinen so an, daB eine Maschine (51) von auBen (50) Luft ansaugt und verdichtet oder auch nur in einen Raum (52) transportiert, der nicht zur Atmosphaere geoeffnet ist (= keine Verwendung von Turbomaschinen). Dieser Raum  
5 (52) kann ein Waermetaeuser sein oder aber nur ein kurzer Rohr-  
leitungsabschnitt. Eine zweite Maschine (53) (die dem Patentanspruch 2 genuegt oder aber auch nur eine Turbomaschine ist) saugt die Luft aus diesem Raum (52) und foerdert sie absolut kontinuierlich in die  
10 Brennkammer (54). Von dort stroemt das unter Druck stehende Rauch-  
gas ebenfalls kontinuierlich in eine (dem Patentanspruch 1 genuegende) dritte Maschine (55) und gelangt in einen weiteren Raum (56). Aus diesem Raum (56) flieBt das unter Druck stehende Rauchgas in zwei  
Expansionsmaschinen (57, 58), von denen eine (57) die erste Verdich-  
termaschine (51) treibt, die andere (58) einen Generator (59) treibt  
15 oder eine andere Arbeitsmaschine oder ein Fahrzeug.  
Die Maschinen (53) und (55) (Maschinenkombination A) sind z.B. durch eine Welle (60) so verbunden, daB sich ein konstantes Drehzahlver-  
haeltnis und somit ein konstantes Verhaeltnis des Volumendurchsatzes ergibt (= spez. Volumen in (55)/ spez. Volumen in (53)). Ebenso haben  
20 die Maschinen (51) und (57) (= Maschinenkombination B) ein konstantes Drehzahlverhaeltnis.  
Die Maschinenkombination A soll konstante Drehzahl haben. Dies kann z.B. durch Ventile (61, 62) geregelt werden. Wenn die Drehzahl zu klein wird, oeffnet Ventil (61). Dadurch sinkt der Druck hinter der Maschine  
25 (55) und steigt vor (53). Das gleiche Ergebnis ist mit einem Ventil zu erreichen, welches den Raum vor und hinter Maschine (55) verbindet. Wird die Drehzahl zu groB, oeffnet Ventil (62). Dann sinkt der Druck vor (55) und steigt hinter (53).  
Naetuerlich kann die Maschinenkombination A auch durch eine konstant  
30 laufende Maschine gedreht werden oder die Drehzahl anderweitig kon-  
stant gehalten werden.  
Die Drehzahl der Maschinenkombination B haengt vom Druck in Raum (56) ab. Sie kann aber nicht unbegrenzt beschleunigt werden, da sonst der Druck im Raum (52) zu stark ansteigt und bremst.  
35 Diese Anordnung ermöglicht zum einen einen kontinuierlichen Gas-  
strom durch die Brennkammer (wie oben gezeigt), sie ermöglicht

aber auch eine konstante Gasgeschwindigkeit am Brenner, wie kurz gezeigt werden soll. Ähnliche Wirkungen werden bei Kfz-Gasturbinen beobachtet, wo sinkende Verdichtung bei geringen Leistungen ebenfalls die Gasgeschwindigkeit am Brenner nahezu konstant hält.

5

Sei  $U_1$  = Drehzahl von Maschinenkombination B  
 $U_2$  = Drehzahl von Maschinenkombination A  
 $V_1$  = Durchsatzvolumen der Maschine (51) p.Umdrehung  
 $V_2$  = Durchsatzvolumen der Maschine (53) p.Umdrehung

10

Im Raum (52) wird Gas des Volumens  $U_1 \cdot V_1$  zugeführt und Gas des Volumens  $U_2 \cdot V_2$  abgeführt. Für die Verdichtung  $\varepsilon$  gilt also:

$$\varepsilon = (U_1 \cdot V_1) / (U_2 \cdot V_2) = U_1 \cdot \text{Konstante}$$

Die einfließende Gasmenge ist:  $m = \varrho \cdot U_1 \cdot V_1$  kg

15

Beim Brennerquerschnitt gilt die Kontinuitätsgleichung:  $m \cdot v = A \cdot c$

mit  $m$  = durchströmende Gasmasse in kg/sec  
 $v = 1/(\varrho \cdot \varepsilon)$  m<sup>3</sup>/kg = spezifisches Volumen am Brenner  
 $A$  = Querschnittsfläche am Brenner in kg  
 $c$  = Gasgeschwindigkeit am Brenner in m/sec  
 $\varrho$  = spezifisches Gewicht der Ansaugluft in kg/m<sup>3</sup>

20

Dann ist

$$c = (m \cdot v) / A = (\varrho \cdot U_1 \cdot V_1 \cdot U_2 \cdot V_2) / (\varrho \cdot U_1 \cdot V_1 \cdot A) = (U_2 \cdot V_2) / A$$

Da  $U_2, V_2$  und  $A$  konstant sind, ist auch  $c$  konstant.

25

Man kann auch das Verhältnis der Wärmezufuhr in der Brennkammer beliebig wählen. Da der isobare Vergrößerungsfaktor

$$\psi = (\text{spez. Vol. hinter der Brennk.}) / (\text{spez. Vol. vor der Brennk.}),$$

kann durch das Durchsatzvolumen p.Umdrehung  $V_2$  der Maschine (53) und  $V_4$  der Maschine (55) das  $\psi$  festgelegt werden ( $\psi = V_4 / V_2$ ).

30

Winkelachsige Rotationskolbenmaschinen sind für solche Anlagen besonders geeignet, da bei ihnen auch drehzahlunabhängig der Volumendurchsatz und die Höhe der Verdichtung bzw. der Entspannung variiert werden kann.

35

Fig. 4 und Fig. 5 zeigen ein Ausführungsbeispiel solcher Einrichtungen. Fig. 5 ist wieder eine Abbildung der auf zwei Ringflächen liegenden

Teile in eine Ebene, Fig.4 stellt den Schnitt entlang der Linie O-O in Fig.5 dar.

Die Einrichtung hinter der Kreuzung (30,36,38) dient dazu, das Volumen eines aus einem Raum (56) abgeführten Fluids durch Verschieben des  
5 Sciebers (36) zu regulieren. Ist eine Gasmengenzufuhr in den Raum (56) konstant und ist der Kanal (38) einzige Abfuhrmöglichkeit aus dem Raum (56), so kann über den Schieber (36) der Druck im Raum (56) reguliert werden. Bestehen mehrere Abfuhrmöglichkeiten aus dem Raum (56), dann kann mit dem Schieber (36) von der gesamten  
10 aus dem Raum (56) abströmenden Gasmenge der Anteil variiert werden, der durch den Kanal (38) abfließt. Es kann aber auch indirekt durch Druckveränderung in (56) die Gasmengenzufuhr in (56) verändert werden.

Die Regulierung kann z.B. so geschehen: An den Kolbenaußenflächen befinden sich in Höhe der inneren Segmentaußenfläche Bänder (30),  
15 die in Höhe der Kolbenfrontfläche (17b) Öffnungen aufweisen. Schiebt sich die vordere Kante (31) dieser Öffnung über den Kanal (38), so wird der Saugraum (16a) zum Raum (56) geöffnet. Zwischen Band (30) und Kanal (38) liegt ein Schieber (36), der den Kanal ebenfalls gegen  
20 den Saugraum abdichtet. Damit bleibt der Raum (56) so lange zum Saugraum offen, bis sich die hintere Bandöffnungskante (32) über die vordere Schieberkante (40) schiebt. Damit wird der Kanal wieder vom Saugraum abgeschlossen. Durch Verschieben der Schieberkante (40) kann damit festgelegt werden, bei welchem Saugraumvolumen die Ab-  
25 trennung von Saugraum (16a) und Raum (56) stattfindet.

Ebenso kann mit Schiebern (42) beeinflusst werden, wie stark das kompressible Fluid in der Maschine expandiert wird. Der Saugraum (16a) öffnet zum Raum (64) genau dann, wenn sich die hintere Kante (44) der Kolbenrückfläche (13a) an der Schieberkante (43) vorbeibewegt. Auch  
30 hier kann durch Verschieben der Kante (43) das Saugraumvolumen bei Öffnung zum Raum (64) variiert werden.

Ebenso kann durch eine Einrichtung (33,37,39) vor der Kreuzung die Höhe der Verdichtung variiert werden.

Auch hier ist ein Band (33) mit Öffnungen an der Kolbenseite. Zwischen  
35 Band(33) und Kanalöffnung (46) liegt wieder ein Schieber (37). Der Druckraum (15a) wird erst dann zum Raum (52) geöffnet, wenn sich die vor-

dere Bandkante (34) an der Schieberkante (41) vorbeibewegt. Auch hier kann durch Verschieben der Schieberkante (41) das Öffnungsvolumen des Druckraums (15a) zum Raum (52) verändert werden.

- 5 Anstatt der Schieberlösung kann eine Öffnung des Druckraums (15a) zum Raum (52) auch mit Hilfe eines Ventils (39) erfolgen. Das Ventil öffnet dann, wenn der Druck im Druckraum (15a) größer als im Raum (52) ist.

- 10 Ebenso kann anstatt der Schieberlösung (42) ein Ventil (45) den Saugraum (16a) zum Raum (64) öffnen, wenn der Druck in (64) größer als im Saugraum ist.

- 15 Eine weitere Maßnahme bei winkelaehsigen Drehkolbenmaschinen für die Schutz begehrt wird (Patentanspruch 11) dient der Verringerung der Spaltverluste.

- Die beschriebenen Anlagen sind vor allem für größere Leistungen vorgesehen. Um die Anlagen dennoch klein zu halten, müssen für großen Luftdurchsatz hohe Drehzahlen möglich sein, für die gleitende Dichtungen z.T. nicht verwendet werden können. Neben Labyrinthdichtungen ermöglichen folgende Maßnahmen eine Senkung der Spaltverluste.

- 20 Sind eine oder mehrere Verdichtungs- oder Expansionsmaschinen mit gleicher Drehzahl vorgesehen und mit gleichem Durchsatzvolumen (vgl. Fig.1 Maschinenkombination (53)-(55)) oder mit verschiedenem Durchsatzvolumen (vgl. Fig.1 Maschinenkombination (51) - (57)), dann können die zwei oder mehr Kreuzungen mit drei oder mehr Drehkolben so gestaltet werden (Fig.6 und Fig.7), daß mindestens ein Kolben (80) zwei oder mehr Kanäle (83,84) anderer Kolben (81,82) schneidet. Bei der Maschinenkombination B müssen die unterschiedlichen Durchsatzvolumina mit Schiebern oder Ventilen, wie oben gezeigt wurde, geregelt werden.

- 30 Die Besonderheit der Erfindung ist es nun, daß man die Kanäle zu den verschiedenen Räumen so legt, daß an einer Kreuzung möglichst viele (im Optimum alle vier) Öffnungen zu Räumen gleichen oder ähnlichen Drucks führen.

Fig. 7 zeigt eine mögliche Lösung für die Maschinenkombination A (B in Klammern).

	obere Kreuzung	Saugraum	Druckraum
5	Senkr. Kanal	von 52 (50)	zu 56 (64)
	Waagr. Kanal	von 52 (50)	zu 54 (52)
	untere Kreuzung		
	Senkr. Kanal	von 54 (56)	zu 54 (52)
10	Waagr. Kanal	von 54 (56)	zu 56 (64)

Um eine noch bessere Anordnung zu finden, bei der ausschließlich Räume hohen Drucks oder Räume niedrigen Drucks an einer Kreuzung anliegen und so die Spaltverluste vernachlässigbar klein werden, ist in Fig. 8 eine abgeänderte winkelaehsige Drehkolbenmaschine vorgesehen, bei der die beiden äußeren Kolben (81, 82) ausschließlich als Abspernteile fungieren.

Fig. 8 zeigt deren Kanalbild in der Ebene. Wie man sieht, ist bei der oberen Kreuzung der Saugraum (16o) und der Druckraum (15o) nur zur Atmosphäre (50, 64) geöffnet, daher entstehen dort keine Spaltverluste. An der unteren Kreuzung ist der Saugraum (16u) zum Raum (56) geöffnet, in dem hoher Druck herrscht, der Druckraum (15u) ist zum Raum (52) geöffnet, in dem Verdichtungsenddruck herrscht. Die einzigen Spaltverluste, die an der Kreuzung entstehen können, bestehen darin, daß aus dem Raum (56) Gas in den Raum (52) strömt und nochmals die Brennkammer durchfließt. Damit geht aber die aufgewandte Verdichtungs- und Wärmeenergie nur zu einem Bruchteil verloren. Um einen einigermaßen gleichmäßigen Fluß zu ermöglichen, müssen mindestens zwei solcher Anordnungen versetzt zueinander arbeiten.

Will man für sehr große Luftdurchsatzmengen eine günstige Anordnung erreichen, so ist die auch mit Kolbenanordnungen der Fig. 8 und Fig. 9 möglich.

Fig. 8 zeigt das Prinzip der Anordnung. Jeder Kolben transportiert ein Fluid in zwei Richtungen (oben - unten/unten - oben oder rechts-links/links - rechts). Dadurch entstehen bei der gezeigten Anordnung zwei

geschlossene, entgegengesetzt durchlaufene Kreisläufe, die immer in den Kolbenkreuzungen zusammenstoßen. Da immer ein Transport von einem Raum hohen Drucks zu einem Raum niedrigen Drucks geht (Expansion) oder von einem Raum niedrigen Drucks in einen Raum hohen Drucks (Kompression), besteht ein Kreislauf aus den Einzelschritten niedrig - hoch, hoch - niedrig, niedrig-hoch, hoch.... .  
 5 Legt man die beiden Kreisläufe so, daß die Berührungspunkte immer hoch oder immer niedrig sind, hat man ebenfalls sehr geringe Spaltverluste.

- 10 Fig.9 zeigt die beiden Kreisläufe, die aus Einzelschritten hoch (h) - niedrig (n) und niedrig (n) - hoch (h) bestehen. Die acht Kreuzungen (K1 - K8) werden z.B. so angeordnet, daß an den ungeraden Kreuzungen ausschließlich Hochdruck-Druck- und Saugräume und an den geraden Kreuzungen ausschließlich Niedrigdruck- Druck- und Saug-  
 15 räume zusammentreffen.

Mit den gezeigten Maschinen sind alle thermodynamischen Kreisprozesse möglich, die auch mit Gasturbinenanlagen erreicht werden und darüber hinaus noch alle Variationen, die anstatt rein isobarer Wärme-  
 20 zu- oder -abfuhr im Prozess auch isochore oder in einem beliebigen Verhältnis gemischt isochor- und isobare Wärmezufuhr und -abfuhr aufweisen.

Daneben ist aber auch ein Kreisprozess bzw. Variationen dieses Kreisprozesses realisierbar für den bzw. die ebenfalls Schutz begehrt  
 25 wird. Diese Kreisprozesse sind mit isobarer Wärmezufuhr auch mit Gasturbinenanlagen realisierbar. Die oben beschriebenen Anlagen eignen sich aber besonders, da sie für verschiedene Wärmezufuhr und für kleine Leistungen geeignet sind.

Fig.10 zeigt eine IKV-Maschine für deren Schaltung ebenfalls Schutz  
 30 begehrt wird.

Wie bei herkömmlichen IKV-Maschinen mit Wärmetauscher hinter der Turbine wird Luft angesaugt, in einem oder mehreren Verdichtern (150) komprimiert, in einem Wärmetauscher (151) (nur in Altern. I, u. II, ) der Brennkammer (152) auf die Maximaltemperatur aufgeheizt, evtl.  
 35 bereits in einem ersten Wärmetauscher (153) hinter der Brennkammer auf eine vor der Expansionsmaschine zulässige Temperatur herunter-

gekühlt ,wobei ein aufzuheizendes Medium geheizt wird (z.B. der Dampferzeuger eines Dampfkraftwerks) (Alternative III u.IV) und dann in mindestens zwei Expansionsstufen (154,155) wieder auf den Ansaugdruck expandiert.

- 5 Der Unterschied zu herkömmlichen IKV-Maschinen mit Wärmetauscher ist, daß das Rauchgas nicht erst als auf den Ansaugdruck expandiert seine Restwärme an das komprimierte Gas abgibt (Alternative I u. III), sondern bereits zwischen zwei Expansionsmaschinen, wenn es selber noch unter Druck steht.
- 10 Der andere Weg ist (Alternative II u.IV), daß der Wärmetauscher (151) zwischen den beiden Expansionsstufen (154,155) ein anderes Medium aufheizt und eine solche IKV-Maschine ausschließlich oder teilweise als Heizung verwendet wird.  
Der Vorteil dieser Prozeßgestaltung liegt vor allem darin, daß die
- 15 Wärmetauscher kleiner und damit wesentlich billiger gehalten werden können, bei mindestens gleichem thermischen Wirkungsgrad. Dies liegt zum einen daran, daß der Wärmeübergangskoeffizient eines komprimierten Gases höher ist als der eines entspannten (vgl. Dietzel, F.; Gasturbinen; Vogel- Verlag, Würzburg 1974; S.108 Kap.5.3.3), zum
- 20 anderen aber auch daran, daß ein wesentlich geringeres Temperaturgefälle im Wärmetauscher zu verarbeiten ist ( vgl. Fig.12).  
Fig.11 und Fig.12 zeigen die  $p,V$  - und  $T,s$  - Diagramme zum Idealprozeß bei Krafterzeugung ( Alternative I u. III) bei ausschließlich isobarer Wärmezufuhr- oder - abfuhr. Dabei bedeuten:
- 25                    1 - 2 adiabatische Verdichtung  
                     2 - 3 isobare Wärmezufuhr im Wärmetauscher (151)  
                     3 - 4 isobare Wärmezufuhr in der Brennkammer(152)  
(Alt.III)        4 - 5 isobare Wärmeabfuhr im Wärmetauscher (153)
- 30                    4 - 6  
                     5 - 6\*adiabatische Entspannung in Expansionsmaschine(154)  
                     6 - 7  
                     6\*- 7 isobare Wärmeabfuhr im Wärmetauscher (151)  
                     7 - 8 adiabatische Entspannung in Expansionsmaschine (155)  
                     8 - 1 isobare Wärmeabfuhr in der Atmosphäre
- 35 Der im  $T,s$  - Diagramm gestrichelt gezeichnete Kreisprozeß 1-2'-3'-4'-5'-6'-1 entspricht einem herkömmlichen Idealprozeß mit Wärmetau-

scher hinter den Expansionsmaschinen.

Im gezeigten Beispiel ist das Arbeitsvermögen und der Wirkungsgrad beider Idealprozesse gleich. Wie man aber sieht, muß im herkömmlichen Prozeß das Wärmegefälle 5' - 6' über den Wärmetauscher abgeführt werden, im neuen Prozeß aber nur das Wärmegefälle 6 - 7 bzw. 6\* - 7.

Beim herkömmlichen Jouleprozeß ergibt sich mit Wärmetauscher ein Wirkungsgrad von

$$\eta_{th} = 1 - \pi^{(\kappa-1)/\kappa} T_1/T_4$$

10

$T_1$  = Ansaugtemperatur

$T_4$  = Maximaltemperatur

$\pi$  = Druckverhältnis

$\kappa$  = Isentropenexponent

15 (vgl. Dietzel, F.; Gasturbinen: .... S.24 Kap.1.5.1)

Für den neuen Idealprozeß mit idealem Wärmetauscher gilt (Altern.I):

( $T_i$  = Temperatur im Punkt i)

$$T_6 = T_3;$$

$$T_7 = T_2;$$

20

$$T_2/T_1 = T_4/T_{10};$$

$$T_7/T_8 = T_6/T_{10};$$

$$(T_6 \cdot T_8 / T_7) = T_{10} = T_4 \cdot T_1 / T_2;$$

25 Wegen ( $T_2 = T_7$ ):  $T_4 = (T_8/T_1) \cdot T_6 = (T_8/T_1) \cdot T_3;$

Die zugeführte Wärmeenergie ist  $Q_{in} = c_p (T_4 - T_3)$ , die abgeführte Wärmeenergie ist  $Q_{aus} = c_p (T_8 - T_1)$ .

Damit gilt für den Wirkungsgrad:

30

$$\begin{aligned} \eta_{th} &= (Q_{in} - Q_{aus}) / Q_{in} = \\ &= (c_p (T_4 - T_3) - c_p (T_8 - T_1)) / (c_p (T_4 - T_3)) = \\ &= 1 - (T_8 - T_1) / (T_4 - T_3) = \end{aligned}$$

$$= 1 - T_1 (T_8/T_1 - 1) / (T_3 T_8/T_1 - T_3) =$$

35

$$= 1 - T_1 / T_3;$$



Somit kann der Wirkungsgrad des Prozesses bei beliebiger Verdichtung sehr hoch gehalten werden. Wie man auch sieht, geht allerdings ein guter Wirkungsgrad zu Lasten des Arbeitsvermögens.

- Mit der Anordnung des Wärmetauschers für die Schutz begehrt wird,
- 5 läßt sich aber viel günstiger als mit bisherigen Anordnungen ein Prozeß gestalten mit
- preiswerten Wärmetauschern,
  - hohem Wirkungsgrad,
  - noch günstigem Arbeitsvermögen,

- insbesondere auch dann, wenn anstatt ausschließlich isobarer gemischte
- 10 oder isochore Wärmezufuhr realisiert wird.

Eine weitere Möglichkeit, diesen Prozeß mit einer IKV - Maschine einzusetzen, für die ebenfalls Schutz begehrt wird, ist die Aufheizung eines Mediums, dessen Temperatur erheblich über der Ansaugtemperatur  $T_1$  der Luft liegen soll.

- 15 Dies ist z.B. in Heizungen der Fall, wo das Wasser aus den Heizkörpern von der hohen Rücklauftemperatur auf die noch höhere Vorlauftemperatur aufgeheizt werden soll und dabei die Außentemperatur sehr viel niedriger liegt. Ebenso besteht die Möglichkeit eines sinnvollen Einsatzes bei Dampfkraftwerken oder bei Schmelzprozessen.

20

Die Schaltung ist in Fig. 10 gezeigt in der Alternative, daß die komprimierte Luft nicht durch den Wärmetauscher (151) strömt, sondern direkt vom Verdichter (150) in die Brennkammer (152). Hinter der Brennkammer kann ein Wärmetauscher (153) ein Medium aufheizen und dadurch

25 die Rauchgase auf eine niedrigere Temperatur vor der 1. Expansionsmaschine herunterkühlen (Alternative IV). In Alternative II strömt das Rauchgas direkt aus der Brennkammer (152) in die 1. Expansionsmaschine (154), wo es auf einen Druck  $\beta$  erheblich über dem Atmosphärendruck entspannt wird. Mit der im 2. Wärmetauscher (151) abgeführten

30 Wärme wird ein aufzuheizendes Medium z.B. das Heizungswasser oder der Dampferzeuger oder Speisewasservorwärmer einer Dampfturbine oder die eingeblasene Luft bei Schmelzprozessen aufgeheizt.

- Fig. 13 und Fig. 14 zeigen die  $p, V$  - und  $T, s$  - Diagramme von Wärmekraftmaschinen mit isobarer Wärmezu- bzw. -abfuhr, die ausschließlich zur Wärmeerzeugung genutzt werden.
- 35

Der Kreisprozeß läuft analog zu dem in Fig. 11 und Fig. 12 gezeigten, nur daß hier das unter Druck stehende Rauchgas im 2. Wärmetauscher

unter die Verdichtungsendtemperatur gekühlt und dann entspannt wird. Damit ist bei Entspannung auf den Ansaugdruck ( $p_{\text{ans}} =$  Linie 7 - 2' im  $T,s$  - Diagramm) die Temperatur am Ende des Prozesses geringer als die zu Beginn.

- 5 Der neue Kreisprozess zu Heizzwecken läuft genau dann von alleine d.h. ohne äußere Zuführung von Arbeit ab, wenn die rechts umlaufene Fläche 2-3-4-5-2 gleich der links umlaufenen 1-5-6-7-1 ist.

- 10 Zum Vergleich ist der "Kreisprozess" des herkömmlichen Heizprozesses gestrichelt eingezeichnet, bei dem Luft mehr oder weniger isobar zum Brenner gebracht, dort isobar erwärmt (1' - 2'), dann an Wärmetauscherflächen vorbeigeführt (2' - 3') und zum Schluß durch den Kamin abgeführt wird.

- 15 Bei gleicher Heizleistung ( $(4 - 6) = (2' - 3')$ ) wird beim alten Prozess die Wärme (1 - 2') zugeführt, beim neuen aber nur die Wärme (2 - 3).

Daneben werden wesentlich kleinere und damit billigere Wärmetauscherflächen benötigt, da

- 20 - die Wärmeübergangskoeffizienten von verdichteten Gasen höher sind als die von unverdichteten (vgl. oben)
- die Geschwindigkeiten, mit denen die heißen Gase an den Wärmetauscherflächen vorbeistreichen, durch die Maschinenkonstruktionen festgelegt werden können, die Wärmeübergangskoeffizienten aber nahezu linear mit den Gasgeschwindigkeiten zunehmen (vgl. z.B. Kuchling, H.; Taschenb. d. Physik; Verl. H. Deutsch: Thun/Ffm 1970 S.615)

- 30 Fig. 15 zeigt, daß die Durchsatzmenge einer Maschine (51), die von außen Luft ansaugt bei konstanter Drehzahl ebenfalls geändert werden kann, indem sich ein Schieber (48) in der Kanalseite befindet. Der Druckraum (15a) ist dann von der Atmosphäre abgeschlossen, wenn sich die Frontflächenkante (47) an der Schieberkante (49) vorbeibewegt. Durch Verschieben dieser Kante (49) kann man das Druckraumvolumen bei Abschluß von der Atmosphäre und damit die in Raum (52) gebrachte Luftmenge ändern.

Es können also auch Luftdurchsatz und Leistung bei hoher Maximaltemperatur und gleichmäßigem Gasfluß konstanter Geschwindigkeit variiert werden bei konstanter Drehzahl der vier Maschinen (51, 53, 55, 57).

18

- Leerseite -

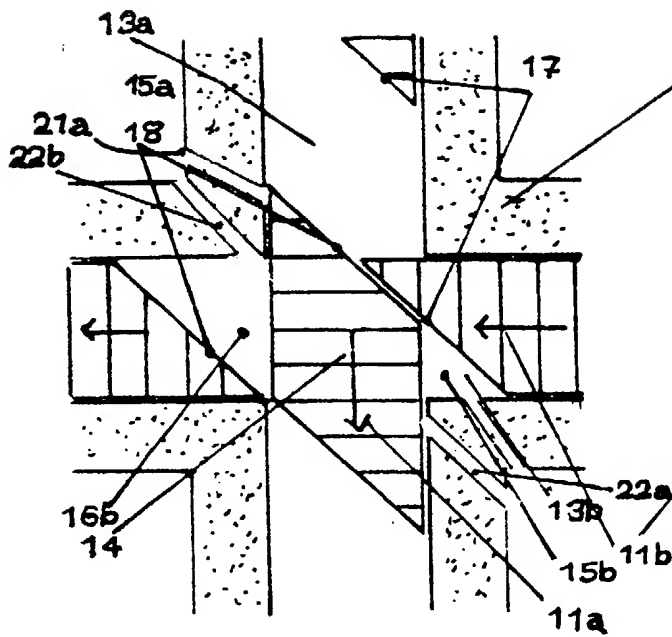


FIG. 3a

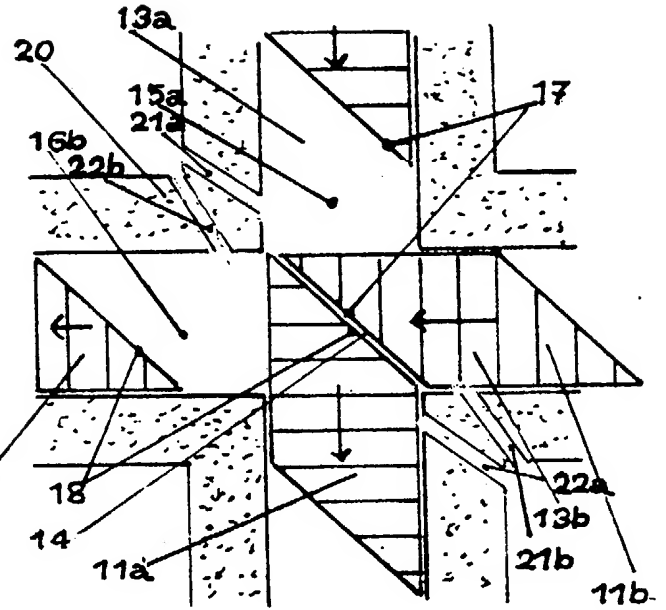


FIG. 3b

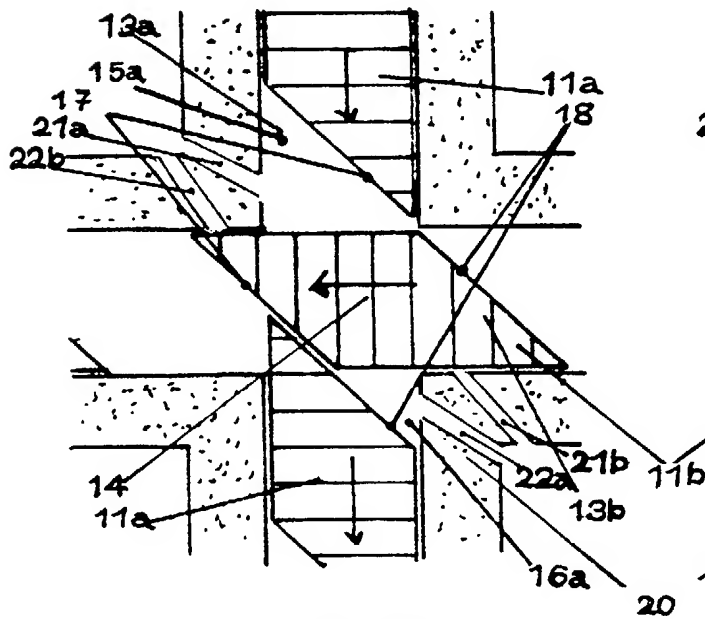


FIG. 3c

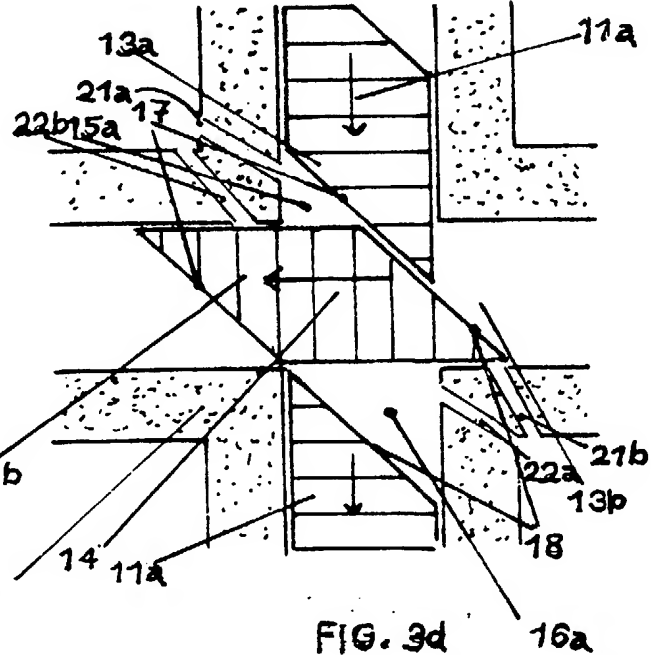


FIG. 3d

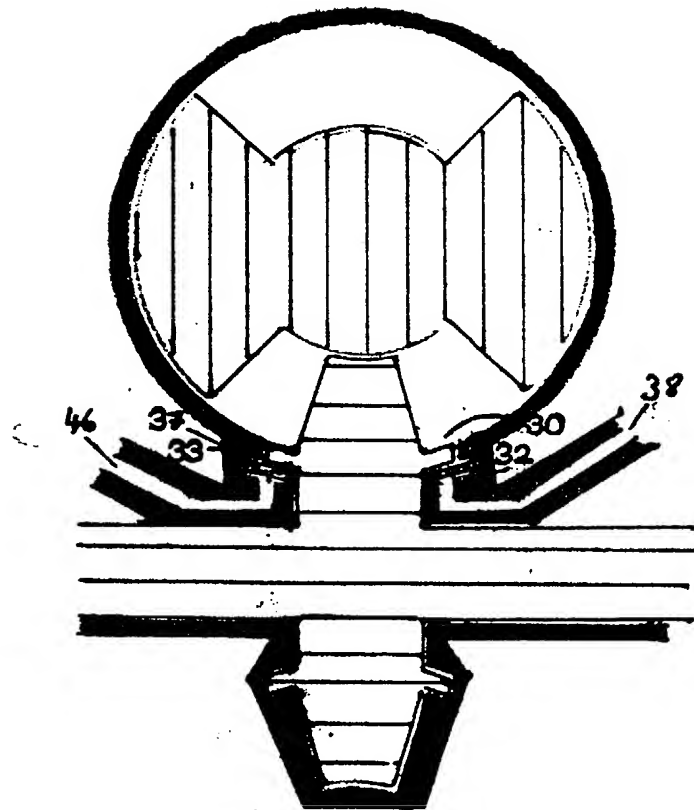


FIG. 4

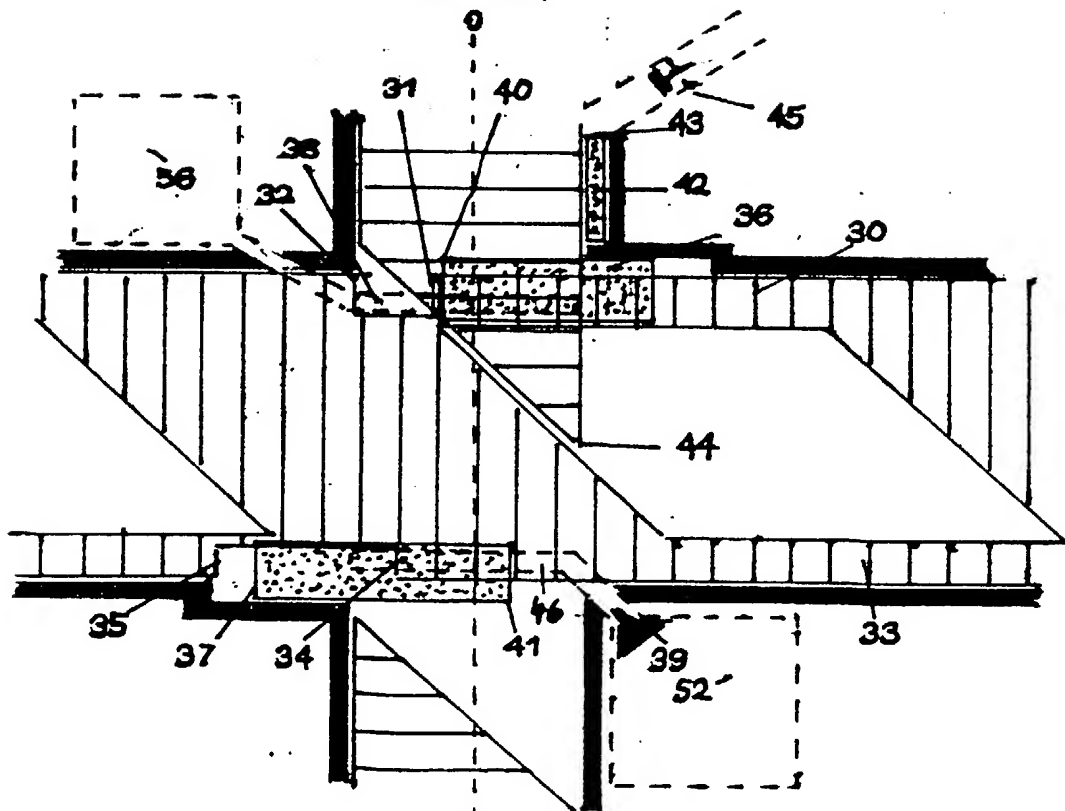


FIG. 5

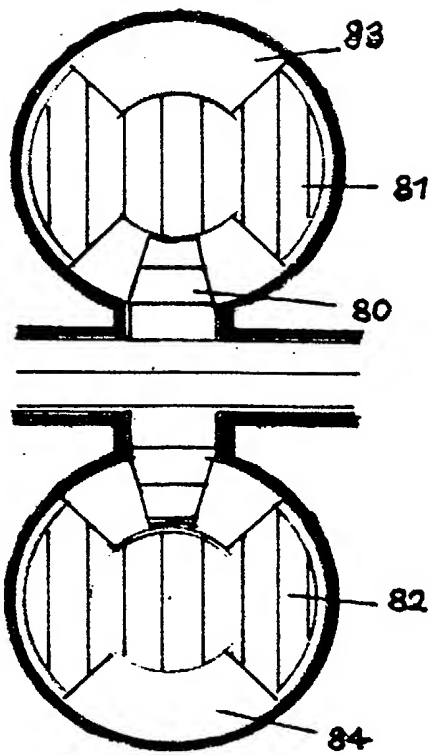


FIG. 6

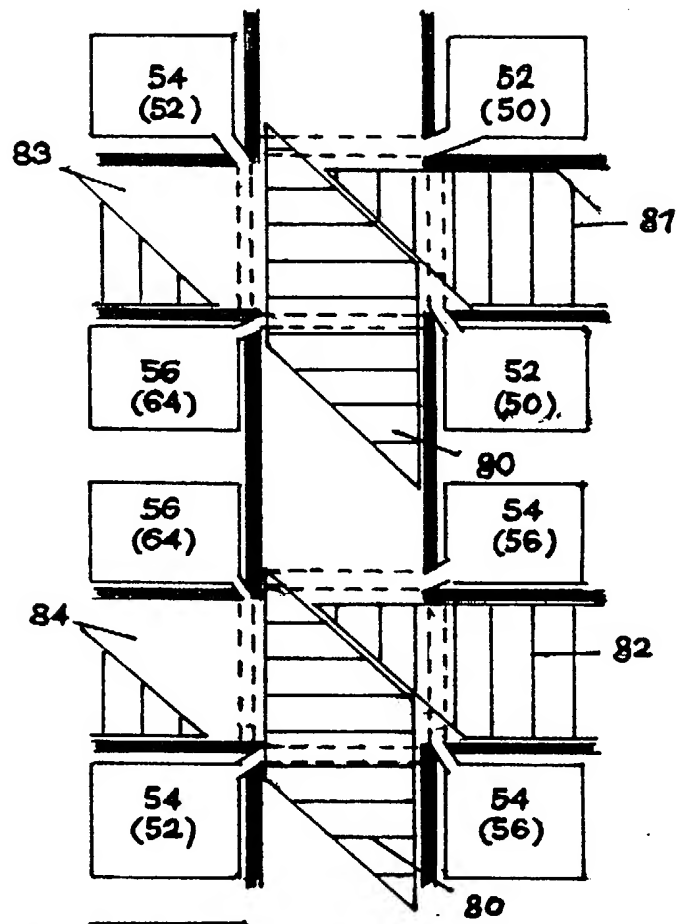


FIG. 7

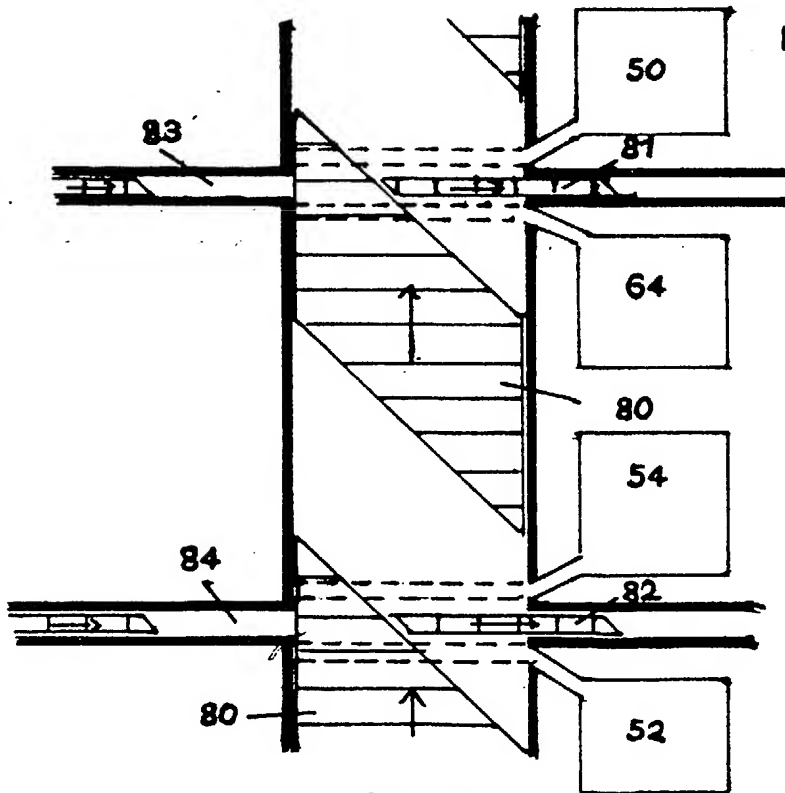


FIG. 8

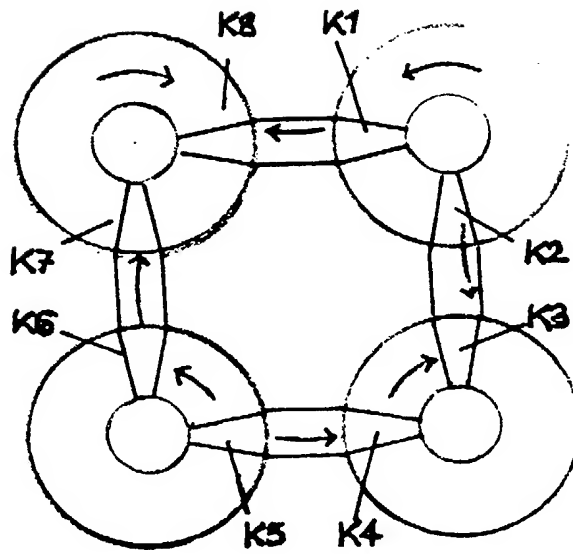


FIG. 8a

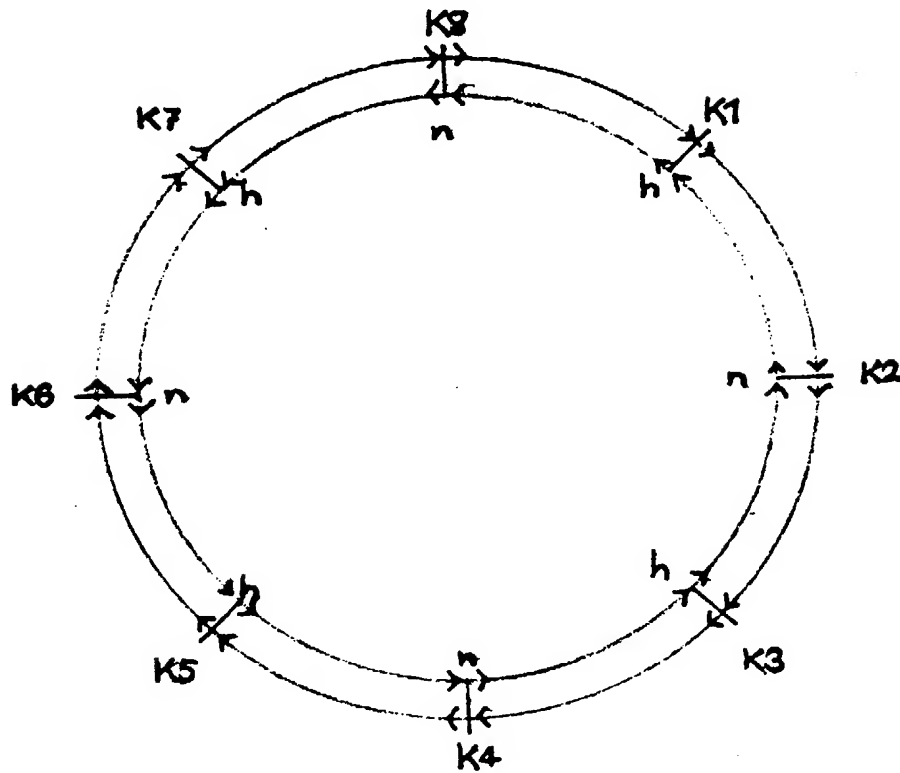


FIG. 9

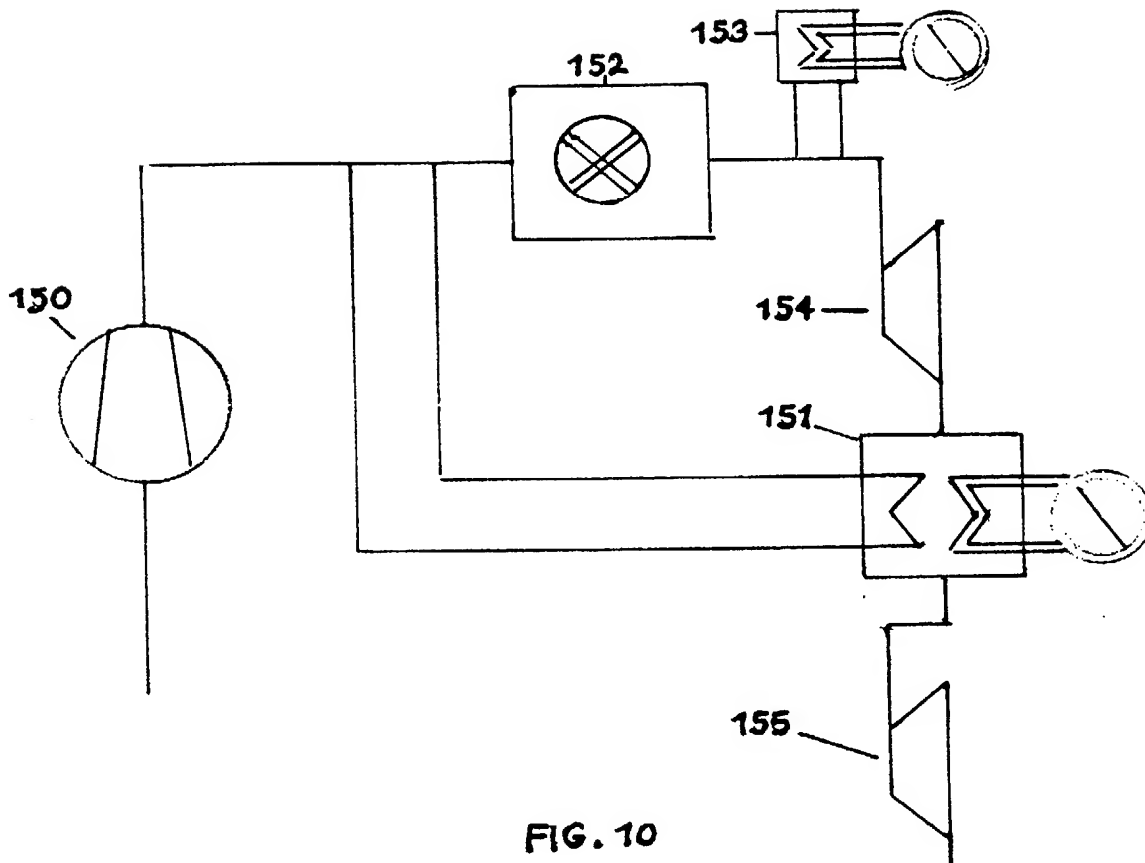


FIG. 10

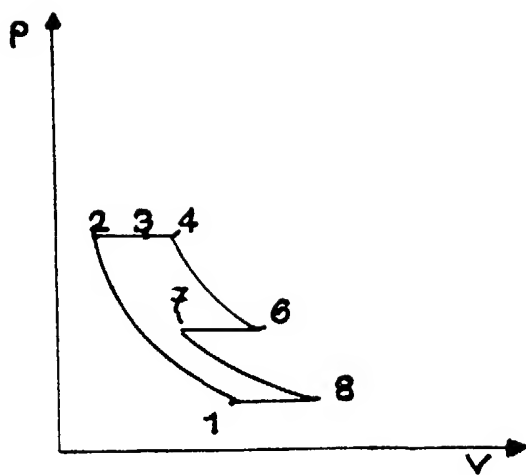


FIG. 11

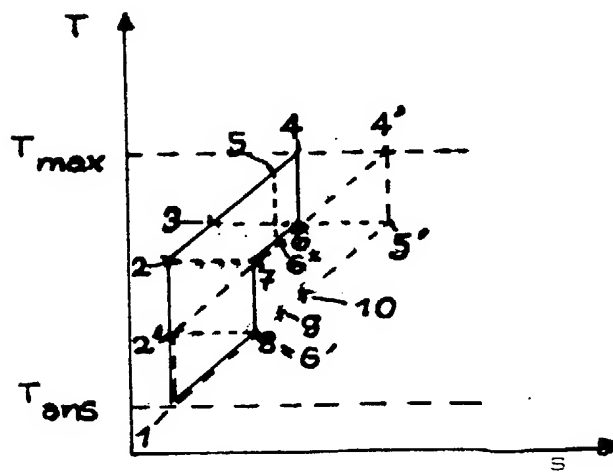


FIG. 12



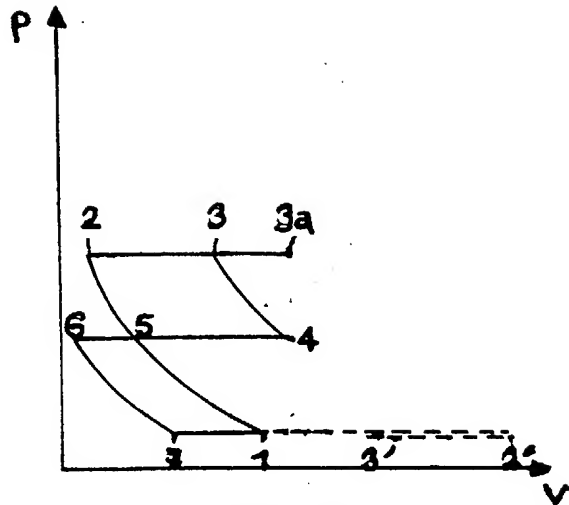


FIG. 13

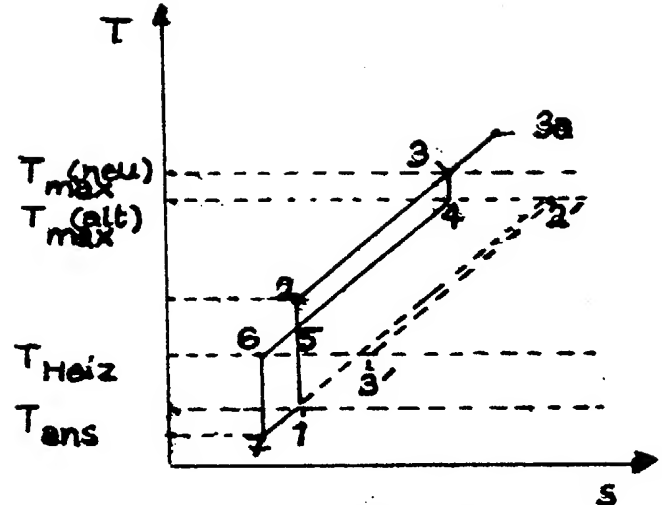


FIG. 14

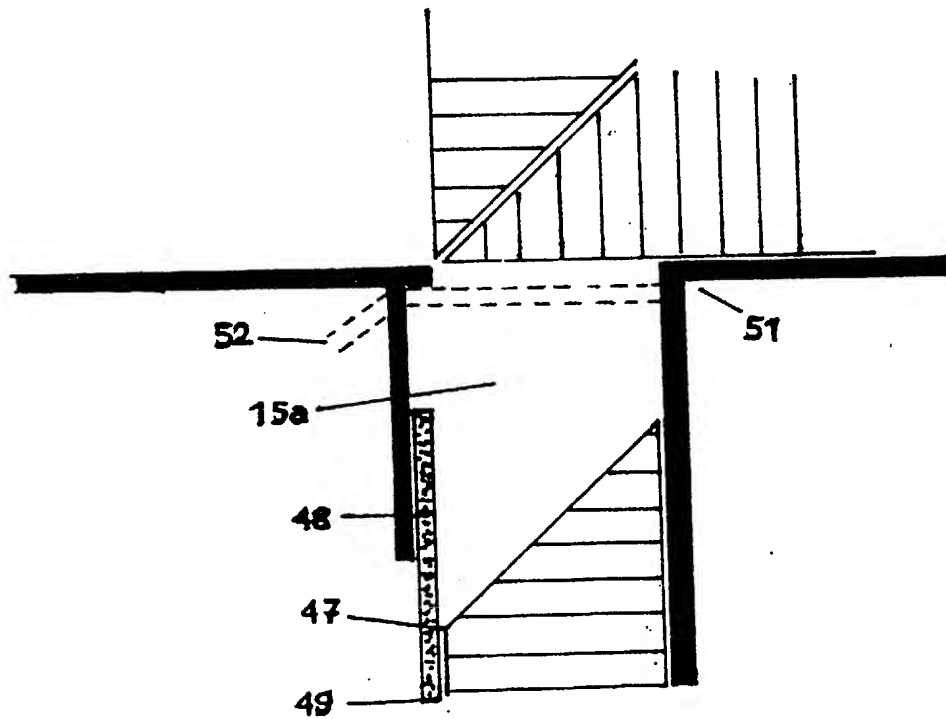
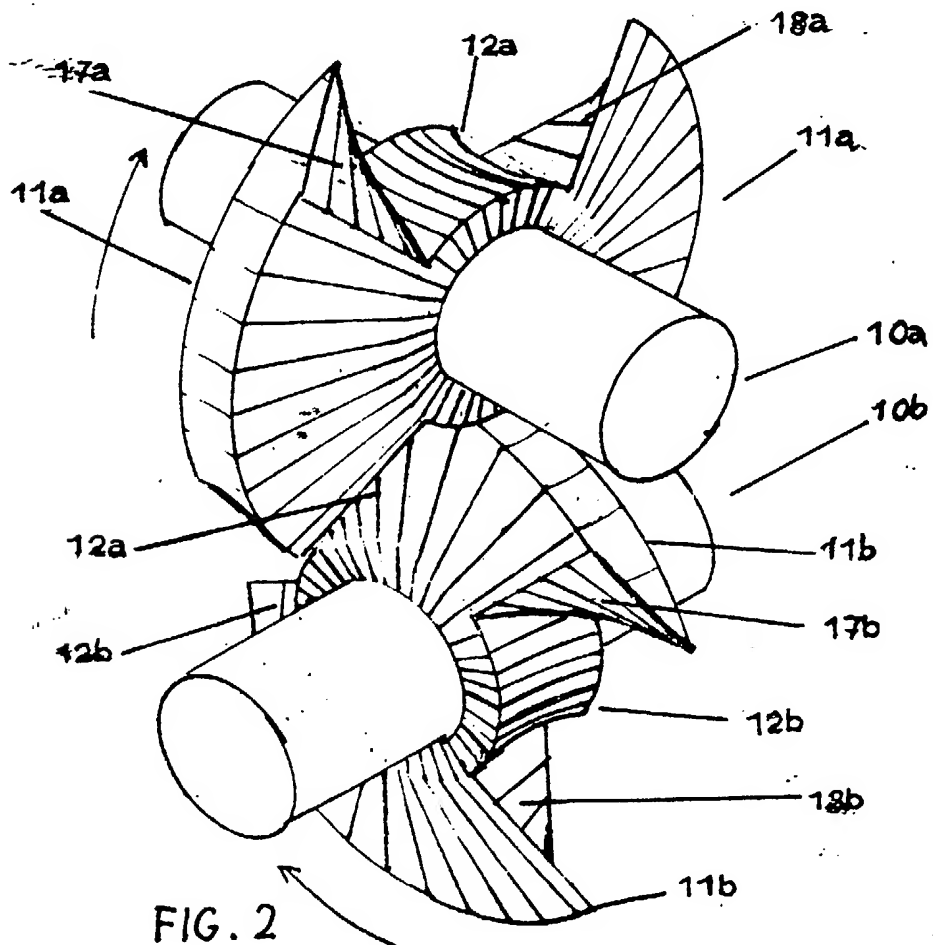
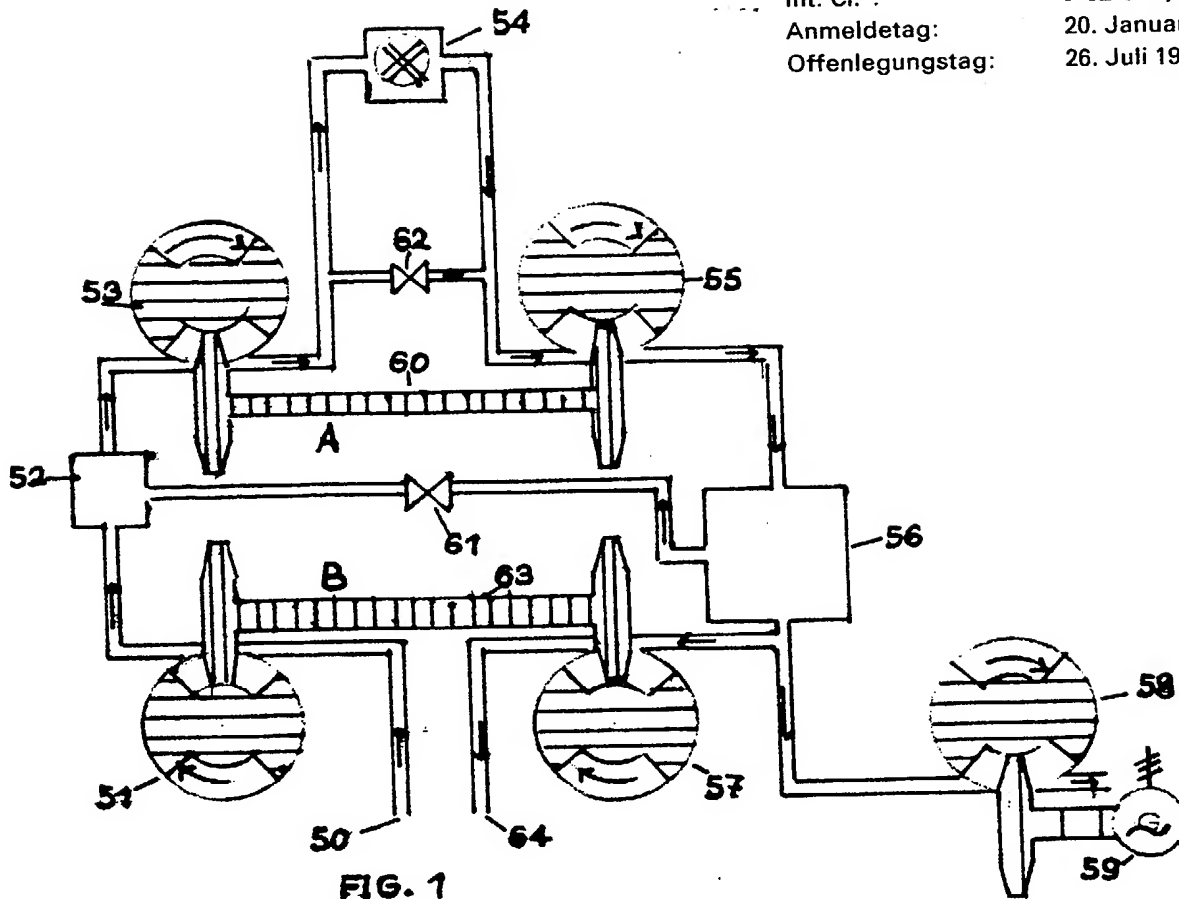


FIG. 15



**PUB-NO:** DE003301726A1  
**DOCUMENT-IDENTIFIER:** DE 3301726 A1  
**TITLE:** Heat engines with continuous or  
intermittent heat supply and  
improvements in thermodynamic  
cyclical processes for heat and power  
generation made possible by them  
**PUBN-DATE:** July 26, 1984

**INVENTOR-INFORMATION:**

<b>NAME</b>	<b>COUNTRY</b>
INGELHEIM, PETER GRAF VON	DE

**ASSIGNEE-INFORMATION:**

<b>NAME</b>	<b>COUNTRY</b>
INGELHEIM PETER GRAF VON	N/A

**APPL-NO:** DE03301726  
**APPL-DATE:** January 20, 1983

**PRIORITY-DATA:** DE03301726A (January 20, 1983)

**INT-CL (IPC):** F02G003/00 , F01C003/06

**EUR-CL (EPC):** F02G003/00

**US-CL-CURRENT:** 123/204

**ABSTRACT:**

Published without abstract.